مجلّه جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره اول، بهار ۱۳۹۱

بازسازی تغییرات دمای حداکثر استان کرمانشاه با استفاده از حلقه های درختی

محسن ارسلانی[1]ـ کارشناس ارشد اقلیم‌شناسی، دانشگاه تهران، ایران

قاسم عزیزی ـ دانشیار جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

فرامرز خوش‌اخلاق ـ استادیار جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/٦/۲۰ تاریخ تصویب:۱۳۹۱/۷/۱۵

چکیده

مطالعه تغییرات اقلیمی نیاز به داده‌های اقلیمی صحیح و طولانی مدت دارد. در این تحقیق جهت بازسازی تغییرات دمای حداکثر استان کرمانشاه، با استفاده از یک مته رویش سنج از تعداد ۱۰ درخت کهنسال بلوط مازودار (*Quercus Infectoria*) در رویشگاه فریادرس تعداد ۱۹ نمونه برداشت شد. کار اندازه گیری حلقه‌های سالیانه توسط دستگاه اندازه‌گیری LINTAB5 و با دقت ۰/۰۱ میلی‌متر صورت گرفت. تطابق زمانی و همبستگی بین منحنی های رویشی توسط نرم‌افزار تخصصی TSAP به انجام رسید. جهت حذف اثرات غیر اقلیمی از منحنی‌های رویشی، سری زمانی حلقه‌های رویشی با استفاده از برنامه ARSTAN استاندارد سازی شدند. گاهشناسی باقیمانده (RES) محاسبه شده با دمای حداکثر ماهانه ایستگاه هواشناسی کرمانشاه طی دوره ۲۰۱۰-۱۹۵۱، واسنجی شد. بر اساس روابط و همبستگی‌های بین گاهشناسی به دست آمده و داده‌های اقلیمی موجود در دوره آماری مشترک، با استفاده از روش رگرسیون خطی کار بازسازی دمای حداکثر برای مطمئن ترین بخش از گاهشناسی به انجام رسید. نتایج این بازسازی نشان می‌دهد که دمای حداکثر یکی از عوامل محدود کننده رویش درختان در این منطقه می باشد و در فصل رویش درختان بالاترین میزان تاثیر منفی را بر روی رویش بجای می گذارد. در این بازسازی پائین ترین دماهای حداکثر بازسازی شده در سال های ۱۸٤۲، ۱۸٤۸، ۱۸۵۸، ۱۸٦٤، ۱۸۷٤، ۱۸۷٦، ۱۸۸۵، ۱۸۹۰، ۱۹٤۰، ۱۹۵۰، ۱۹۵۷، ۱۹۷۳، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۲ رخ داده است. همچنین بالاترین دماهای حداکثر در طول دوره بازسازی با حداقل یک درجه سلسیوس اختلاف نسبت به میانگین، در سال‌های ۱۸٤۷، ۱۸۷۱، ۱۹٤٤، ۱۹٤۸، ۱۹٦۰، ۱۹۸٤ و ۲۰۰۹ اتفاق افتاده است.

کلیدواژه‌ها: اقلیم شناسی درختی، تغییرات دما، بلوط مازودار، گاهشناسی، کرمانشاه.

۱ نویسنده مسوول: ۰۹۱۶۳۹۷۲۳۰۴ arsalan_ mohsen@yahoo.comEmail:

مقدمه

دما یکی از مؤلفه‌های مهم در اقلیم هر منطقه می‌باشد که با تغییر و نوسان آن علاوه بر تغییر در دیگر عناصر اقلیمی، اثرات زیانباری را بر روی جوامع انسانی و دیگر اکوسیستم‌های طبیعی کره زمین به جای می‌گذارد. امروزه با جدی شدن مسئله گرم شدن جهانی، در بسیاری از مناطق کره زمین میزان دمای حداکثر افزایش چشمگیری پیدا کرده و در برخی موارد حالت بحرانی به خود گرفته است. در طی دوره ۱۹۵۰ تا ۲۰۰٤ روند خطی دمای حداکثر سالانه نیمکره شمالی ۰/۱۵ درجه سلسیوس در دهه بوده است (وس[1] و همکاران، ۲۰۰۵). بر اساس گزارش‌های IPCC از سال ۱۸٦۰ تا ۲۰۰۰ میانگین دمای جهانی تقریبا ۰/٦ درجه سیلسیوس افزایش یافته است. شواهد نشان می‌دهد که گرمایش قرن ۲۰ در نیمکره شمالی بیشترین گرمایش را طی ۱۰۰۰ سال گذشته داشته است (عساکره، ۱۳۸٦: ۱۸۹). بین عرض-های جغرافیایی ٤۰ تا ۷۰ درجه در آمریکای شمالی و اوراسیا هفت مورد از بالاترین رکوردهای دما از سال ۲۰۰۱ تا ۲۰۰۷ رخ داده اند (IPCC, 2007). از طرف دیگر به طور مسلم جهت ارزیابی و مطالعه نوسانات دما در یک منطقه، که عمدتا در دوره‌های زمانی مختلف دچار تغییر می‌شود، در اختیار داشتن داده‌های اقلیمی با کیفیت و طولانی مدت ضروری می‌باشد. در مطالعات تغییر اقلیم، آمارهای بلند مدت اقلیمی می‌توانند تغییرات، چگونگی و خصوصیات آن را تا اندازه زیادی نمایش دهند (عزیزی و روشنی، ۱۳۸۷: ۱۳). در مناطق مختلف جهان ایستگاه‌های هواشناسی محدوده زمانی نسبتا کوتاهی از داده‌های اقلیمی پوشش می‌دهند. بنابراین برای فراهم نمودن داده‌های اقلیمی طولانی مدت و با کیفیت، مدل سازی‌ها و بازسازی‌های اقلیمی مورد توجه محققین قرار گرفته است. یکی از مهمترین روشهایی که می-توان از آن جهت بازسازی‌های اقلیمی کمک گرفت، اقلیم شناسی درختی[2] می‌باشد. اقلیم‌شناسی درختی زیر مجموعه‌ای از علم بوم‌شناسی درختی است که با استفاده از حلقه‌های رویشی تاریخ‌گذاری شده، مطالعه اقلیم‌های گذشته و حال را ممکن می‌سازد (کنل[3] و شواین‌گروبر[4]، ۱۳۸۱: ٦۷). درختان شواهد اقلیمی زنده‌ای هستند که با رویش سالانه خود تغییرات و نوسانات اقلیمی رخ داده را ضبط می کنند و از طریق مطالعه حلقه‌های سالیانه آنها به خوبی می توان به وضعیت اقلیمی گذشته یک منطقه پی برد. درختان می توانند برای صدها یا حتی هزاران سال زندگی کنند بنابراین با استفاده از پارامتر های فیزیکی آنها، می توان تغییرات اقلیم را در سراسر زندگی درخت، بازسازی نمود (لودر و همکاران، ۲۰۰۷: ٦۲). معمولا در اقلیم‌های معتدل هر درخت سالیانه یک حلقه رویشی به مجموع حلقه‌های خود اضافه می‌کند. حلقه‌های درختی می‌توانند داده‌های پالئوکلیمایی را به طور سالیانه برای مناطق یا دوره‌های زمانی فاقد داده اقلیمی فراهم نمایند (گارسیا سوارز و همکاران، ۲۰۰۹: ۱۸۳). استان کرمانشاه در غرب ایران و در منطقه زاگرس میانی واقع شده است. این منطقه در طول سال تحت تاثیر سیستم‌های جوی و نوسانات اقلیمی متعددی قرار می‌گیرد. در این

1 Vose
2 Dendroclimatology
3 Kaennel
4 Schweingruber

منطقه نوسانات دمای حداکثر در دهه‌های اخیر شدت بیشتری به خود گرفته است. این نوسانات تـاثیرات منفـی زیـادی برروی منابع آب، کشاورزی و دیگر بخش‌های زندگی مردم منطقه بجای گذاشته است. برای شناخت صـحیح‌تـر رونـد اقلیم فعلی در این منطقه، آگاه شدن از وضعیت اقلیمی گذشته این منطقه بسیار ضـروری مـی‌باشـد. یکـی از بزرگتـرین رویشگاه‌های بلوط مازودار در منطقه فریادرس کرمانشاه قرار دارد. این رویشگاه دارای درختان کهنسال بوده و به واسـطه دیرزیستی که این گونه دارد می‌توان با مطالعه حلقه‌های سالیانه آنها به بررسی وضعیت تغییرات اقلیمی منطقـه در سـده-های گذشته پرداخت.

علیرغم وجود رویشگاه‌ها و گونه‌های درختی مناسب در مناطق مختلف ایـران، تـا کنـون مطالعـات برجسـته‌ای در زمینه بازسازی متغیرهای اقلیمی از طریق حلقه‌های درختی صورت نگرفته است.

ارسلانی (۱۳۹۰) در پژوهشی تغییرات دما و بارش زاگرس میانی را با استفاده از حلقه‌های درختی بلـوط بازسـازی نمود. نتایج ایشان نشان داد که در قرن ۲۰ دمای حداکثر روند صعودی پیدا کرده و بر عکس به نحو چشمگیری از میزان بارش در این قرن کاسته شده است.

عزیزی و همکاران (۱۳۹۱) تغییرات بارش اکتبر–می شهر کرمانشاه را با استفاده از حلقه‌های درختی بلوط مـازودار[۱] بازسازی کردند. آنها ضمن مشخص کردن دهه‌های خشک و مرطوب منطقه طی ۳۰۰ سال گذشته به این نتیجه رسیدند که در دهه‌های پایانی قرن ۲۰ بارش منطقه به میزان چشمگیری کاهش پیدا کرده است.

پورطهماسی و همکاران (۲۰۱۲) رابطه اقلیم–رویش بلوط و ارس را در شمال ایران بررسی کردند. نتایج آنها نشـان داد که گاه‌شناسی‌های بدست آمده از این دو گونه واکنش‌های متفاوتی به متغیرهای اقلیمی دارند. همچنـین رابطـه بـین اقلیم–رویش گونه درختی بلوط مازودار توسط نجفی و همکاران (۱۳۸۹) در شهرستان جوانرود و کـرم‌زاده و همکـاران (۱۳۹۰) در سراوان گیلان مورد بررسی قرا گرفته است.

ویلسون[۲] و همکاران (۲۰۰۲) در پژوهشی، حداکثر و حداقل دما و میزان دمای روزانه می– آگوست را با اسـتفاده از حلقه‌های درختی درختان صنوبر، برای محدوده بریتیش کلمبیا، تا سال ۱۸۲۰ بازسازی کردند. نتایج آنهـا نشـان داد کـه در مناطق با دمای پایین، حلقه‌های درختی رابطه نزدیکتری با حداکثر دما نسبت به دمای حداقل یا میـانگین دارنـد. جـان جاکوبی[۳] و همکاران (۲۰۰٤) دما و رابطه آن با نوسان دهه‌ای آرام[٤] را با استفاده از حلقه‌هـای درختـی درختـان کهنسـال بلوط برای جزایر کوریل (روسیه) طی یک دوره ٤۰۰ ساله بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که بین شـاخص حلقـه-های درختی و میانگین حداکثر دمای ماهانه بالاترین همبستگی وجود دارد. فرانک[٥] و همکاران (۲۰۰۵) بـه بازسـازی و

---

1 Quercus Infectoria Olive
2 Wilson
3 Jacobi
4 Pacific Decadal Oscillation
5 Frank

مقایسه دمای ثبت شده با داده به دست آمده از طریق شبکه گاهشناسی حلقه‌های درختی در آلپ پرداختند. آن ها توانستند میانگین دمای منطقه مورد مطالعه را برای دو مقطع زمانی ژوئن-آگوست و آوریل –سپتامبر، تا سال ۱٦۰۰با استفاده از روش رگرسیونی بازسازی کنند. آنها همچنین گرمترین وسرد ترین دهه‌ها را به همراه حداقل و حداکثر دماهای رخ داده در طول دوره بازسازی نسبت به میانگین قرن ۲۰ مشخص کردند. لیانگ و همکاران (۲۰۰۷) دمای تابستان را برای حوضه رودخانه یانک تسه در فلات تبت در یک دوره ۳۷۹ ساله با استفاده از حلقه‌های درختی بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که دوره‌های سرد و رخدادهای یخچالی با فوران آتشفشان تامبورا اندونزی در سال ۱۸۱۵ همزمان می‌باشد. یانگ بلات و لاکمن (۲۰۰۸) دمای حداکثر ژوئن- جولای را در جنوب غرب یوکان با استفاده از حلقه‌های درختی طی ۳۰۰ سال گذشته بازسازی کردند. نتایج آنها نشان داد که حداکثر دمای بازسازی شده در دهه ۱۹٤۰ رخ داده است. آنها همچنین نشان دادند که کمینه خورشیدی و رخدادهای یخچالی مخصوصا در اوایل قرن‌های ۱۸ و ۱۹ عامل ایجاد دوره‌های دمای پایین بوده است. فان[1] و همکاران (۲۰۰۸) دمای سالانه را در کوه‌های هنگدوان مرکزی چین با استفاده از حلقه‌های درختی بازسازی کردند و دریافتند که دهه‌های ۱۸۱۰، ۱۸٦۰ و ٦۰-۱۹۸۰ دهه‌های سرد و دهه‌های ۱۷۸۰، ۱۸۵۰، ٦۰-۱۹٤۰ و دو دهه گذشته دهه‌های گرم منطقه مورد مطالعه بوده‌اند. فان و همکاران (۲۰۱۰) تغییرپذیری دمای می- آگوست را از ۱۵۸۵ میلادی در جنوب‌شرقی تبت با استفاده از حلقه‌های درختی بررسی کردند. آنها ضمن بازسازی دمای می—آگوست، دوره‌های گرم و سرد را برای منطقه مشخص نمودند. های[2] و همکاران (۲۰۱۱) تغییرپذیری دمای آگوست را با استفاده از حلقه‌های درختی از ۱۳۸۵ میلادی را در جنوب شرقی فلات تبت بررسی کردند. آنها ضمن مشخص کردن دوره‌های گرمتر و سردتر از میانگین آگوست، به این نتیجه رسیدند که روند گرمایشی قرن ۲۰ در شش قرن گذشته وجود ندارد. فلاور[3] و اسمیت[4] (۲۰۱۱) میانگین دمای ژوئن- جولای را در کوه‌های راکی کانادای شمالی با استفاده از اقلیم‌شناسی درختی بازسازی کردند. آنها با استفاده از دو نوع گاهشناسی از روی پهنای حلقه های درختی صنوبر در ارتفاع بین ۱۱۵۰ تا ۱٤۰۰ متر از سطح دریا به این نتیجه رسیدند که پهنای حلقه‌های درختی همبستگی مثبت بالایی با دمای حداقل، حداکثر و میانگین فصل رویش جاری دارد.

هدف از انجام این تحقیق بررسی و بازسازی طولانی مدت نوسانات دمای حداکثر استان کرمانشاه با استفاده یک گاهشناسی درختی مطمئن می باشد.

مواد و روشها

برای انجام این پژوهش از داده دمای حداکثر ماهانه سال رویشی جاری (آوریل-سپتامبر) و ماه‌های قبل از رویش (ژانویه –مارس) ایستگاه هواشناسی کرمانشاه (۲۰۱۰-۱۹۵۱) استفاده شده است. به منظور بازسازی تغییرات دمای

---

1 Fan
2 Hai
3 Flower
4 Smith

حداکثر منطقه، رویشگاه فریادرس که یکی از بزرگترین رویشگاه‌های گونه درختی بلوط مازودار در غـرب کشـور مـی-باشد جهت نمونه برداری مشخص شد. برای نمونه‌برداری[1] از این رویشگاه از بین درختان بلوط کهن سرپا و سـالم کـه دارای فاکتورهایی نظیر عدم پیچ‌خوردگی تنه، عدم سرشاخه‌زنی، تقارن تاج‌پوشش، حـداقل تـاج‌پوشـش، عـدم زخـم-خوردگی و سوختگی روی تنه بودند، به صورت گزینشی از تعداد ۱۰ درخت نمونه‌برداری انجام شد. از هر درخـت دو نمونه با استفاده از یک مته رویش‌سنج سونتو[2] مخصوص درختان سخت چوب از ارتفاع برابر سینه (۱/۳متر) با زاویه ۹۰ درجه در جهت‌های مختلف برداشت شد. بعد از استخراج هر نمونه، حفره ایجـاد شـده در تنـه درخـت بـا اسـتفاده از چسب باغبانی مسدود گردید تا از آسیب رسیدن به درخت جلوگیری شود. سپس نمونه‌هـای برداشـت شـده بـر روی نگه‌دارنده‌های چوبی جهت انتقال به آزمایشگاه تثبیت شدند. در حین نمونه برداری نمونـه‌هـایی کـه دچـار شکسـتگی شدند با استفاده از نوار چسب کنار هم قرار گرفتند تا زمان اندازه گیری مشکلی به وجود نیاید. نمونه‌های برداشت شـده در معرض هوای آزاد قرار گرفتند تا با دمای محیط خشک شده و از کپک زدن احتمالی آنها جلـوگیری شـود. شـکل ۱ منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد.



شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

1 Sampling
2 Suunto Increment Borer

جهت وضوح بیشتر حلقه‌های رویشی، ابتدا سطح نمونه‌ها اندکی مرطوب شد سپس با استفاده از اسکالپل یک لایه بسیار نازک از سطح نمونه‌ها از سمت پوست به مغز با دقت برداشته شد. در مواری که تشخیص حلقه‌های سالیانه مشکل بود مقداری گچ تحریر بر روی قسمت مورد نظر کشیده شد تا وضوح بالاتری به دست آید. کار اندازه‌گیری پهنای حلقه‌های سالیانه نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری LINTAB5 که مجهز به نرم افزار تخصصی TSAP می‌باشد، با دقت ۰/۰۱ میلی متر از سمت پوست به مغز انجام شد. در مواردی که تشخیص مرز بین حلقه‌های سالیانه مشکل بود حلقه مورد نظر علامت گذاری می‌شد و شماره آن برروی برگه یاداشت ثبت شده تا در صورت نداشتن تطابق با نمونه‌های دیگر اصلاح شود.

بعد از اتمام اندازه‌گیری، همخوانی زمانی[۱] دو نمونه از هر درخت، با استفاده از نرم‌افزار TSAP [۲] هم به صورت چشمی[۳] و هم به صورت آماری به انجام رسید. از آزمون‌های آماری علامت[٤] و t استیودنت برای تطابق زمانی استفاده شد. در برخی از نمونه‌ها که تطابق زمانی مناسبی نداشتند با مشخص نمودن حلقه مورد نظر، دوباره اندازه‌گیری اصلاحی به عمل آمد. این فرایند برای سری زمانی درختان نیز به انجام رسید.

رویش سالیانه هر درخت علاوه بر اقلیم، تحت تاثیر فاکتورهایی نظیر سن درخت و عوامل غیر اقلیمی دیگری نیز قرار دارد. بنابراین جهت حذف این گرایشات غیراقلیمی، کار استانداردسازی حلقه‌های رویشی توسط برنامه [۵] ARSTAN (کوک، ۱۹۸۵). صورت گرفت. کار استاندارد سازی با توجه به طول نمونه‌ها با استفاده از منحنی برازش شده چند جمله‌ای[٦] با وزن پالایشی ۳۰ ساله محاسبه شد. از بین چهار گاهشناسی (RES, STD, RAW,ARS) ساخته شده توسط برنامه مذکور ، گاهشناسی RES[۷] به کار گرفته شد. این گاهشناسی سیگنال‌های بسیار ضعیف را به خوبی در سری زمانی حلقه‌های رویشی حفظ می‌کند و برای مطالعات اقلیم شناسی درختی شرایط مناسب‌تری را دارا می‌باشد (کوک، ۱۹۸۵). همچنین با توجه به پراکنش درختان موجود در این رویشگاه و پائین بودن میزان رقابت بین درختان، این گاهشناسی نسبت به دیگر گاهشناسی های ساخته شده مناسب تر به نظر رسید. برای گاهشناسی ساخته شده میانگین حساسیت[۸]، نسبت سیگنال به اغتشاش[۹] (لیو و همکاران، ۲۰۱۱) و میزان سیگنال تجمعی (EPS)[۱۰] (ویگلی و همکاران، ۱۹۸٤) نیز محاسبه شد. میانگین حساسیت تفاوت‌های نسبی در پهنای بین حلقه‌های مجاور را نشان می دهد. در مطالعات اقلیم شناسی درختی هر چه عامل اقلیم (Signal) نسبت به عوامل غیر اقلیمی (Noise)

---

1 Cross dating
2 Tree Station Analyze program
3 Visual
4 Gleichläufigkeits
5 Autoregressive Standardization
6 Cubic smoothing spline
7 Residual chronology
8 Mean sensitivity
9 Signal to noise ratio
10 Expressed population signal

بیشتر باشد نشان می‌دهد که سری زمانی حلقه‌های رویشی بیشتر تحت تاثیر اقلیم قرار دارند. میزان EPS نیز بـا محاسـبه آستانه آن که معمولا ۰/۸۵ در نظر گرفته می شود، با توجه به تعداد و هم پوشانی تعداد نمونه های بکار رفته در سـاخت گاهشناسی، مطئمن ترین بخش از گاهشناسی را جهت بازسازی نشان می دهد.

در مرحله واسنجی[1] با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS، به بررسـی همبسـتگی و رابطـه بـین گاهشناسـی باقیمانـده (RES) به دست آمده از رویشگاه با متغیر اقلیمی دمای حداکثر ماهانه در دوره آماری مشـترک (۲۰۱۰–۱۹۵۱) پرداختـه شد. برای بررسی دقیقتر روابط همبستگی بین گاهشناسی و داده های اقلیمـی در طـول دوره واسـنجی (۲۰۱۰–۱۹۵۱)، دوره آماری مذکور به دو دوره ۳۰ ساله (۱۹۸۰–۱۹۵۱، ۲۰۱۰–۱۹۸۱) تقسیم شد و در فواصل ایـن دوره هـا وضـعیت واسنجی مورد ارزیابی قرار گرفت. بعد از پیدا کردن همبستگی معنادار بین شاخص گاهشناسی بـا متغیـر اقلیمـی دمـای حداکثر، کار بازسازی برای طول دوره گاهشناسی با بکارگیری یک روش رگرسیونی خطی بـه انجـام رسـید. همچنـین جهت اعتبار سنجی[2] مدل، همبستگی بین دمای حداکثر بازسازی شده و دمای حداکثر واقعی ایسـتگاه هواشناسـی طـی دوره ۲۰۱۰–۱۹۵۱ مورد ارزیابی قرار گرفت.

یافته‌های تحقیق

بعد از انجام فرایند تطابق زمانی برای دو نمونه از هر درخت و میانگین‌گیری از آن‌ها، منحنی رویشی تمـام درختـان رویشگاه به دست آمد. تمامی درختان نمونه برداری شده دارای همبستگی و تطابق زمانی مناسبی با هم بودند. جـدول ۱ ماتریس تقابل زمانی درختان را در رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد. هر چه مقادیر عددی این آماره‌ها بیشتر باشد، حاکی از هماهنگی و تطابق زمانی بیشتری بین منحنی‌های رویشی درختان رویشگاه می‌باشد.

جدول ۱ ماتریس تقابل زمانی درختان در رویشگاه فریادرس کرمانشاه

	درخت ۲	درخت ۳	درخت ٤	درخت ٥	درخت ٦	درخت ۷	درخت ۸	درخت ۹	درخت ۱۰
درخت ۱	۶۵***۱	۶۲**۳/۶	۶۴***۲/۶	۶۰**۳/۱	۶۱***۳/۱	۵۸*۴/۳	۶۴***۲/۱	۶۱***۵/۱	۶۱***۴/۶
درخت ۲		۶۷***۵/۳	۶۸***۶/۳	۶۲**۶/۴	۷۵***۴/۳	۶۶***۳/۷	۶۰*۴/۳	۵۹*۲/۸	۶۴**۳/۸
درخت ۳			۶۴***۱۰/۴	۶۰**۹/۱	۵۹*۲/۹	۶۵***۸/۷	۵۶ ۵/۴	۶۳**۴/۸	۶۰**۲/۴
درخت ۴				۵۹*۱۱/۱	۷۱***۳/۳	۶۵***۸	۵۷*۴/۲	۶۵***۴/۸	۶۹***۳/۸
درخت ۵					۵۸*۴/۲	۵۳ ۸	۵۳ ۴/۴	۵۴ ۳/۴	۵۶ ۳/۷
درخت ۶						۶۴**۳/۹	۶۱**۳/۹	۶۱**۴/۵	۶۷***۲/۷
درخت ۷							۶۲**۵/۹	۶۶***۶/۲	۶۱**۳/۲
درخت ۸								۶۳**۳/۳	۶۵***۲/۵
درخت ۹									۶۰*۱/۵

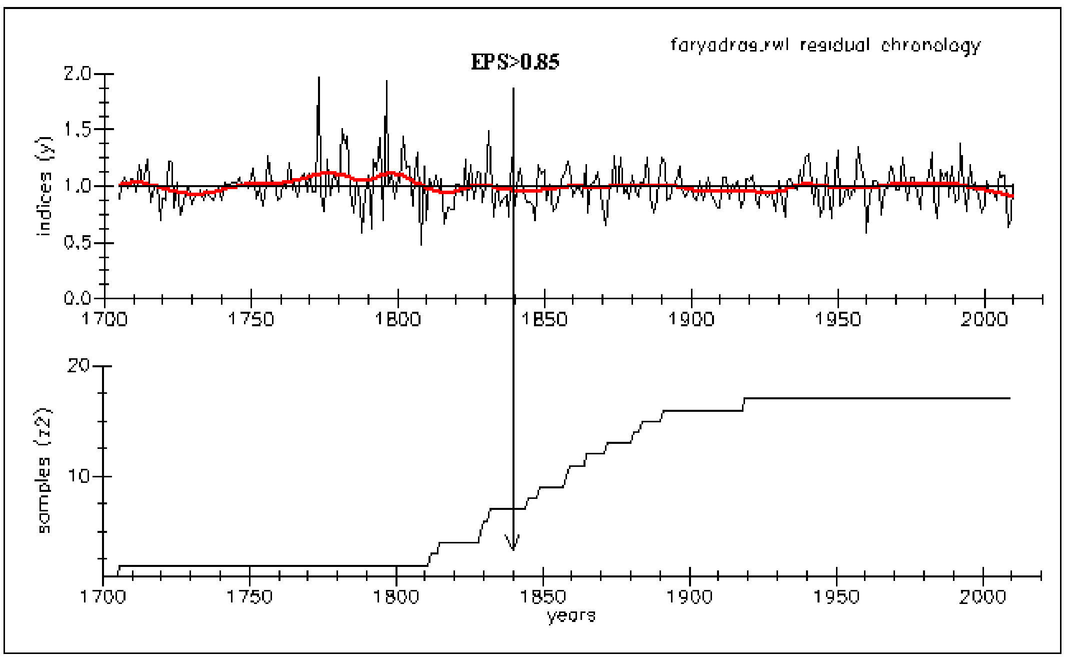
1 Calibration
2 Verification

عدد اول از سمت چپ در هر ستون مقدار آماره حاصل از آزمون علامت (GLK) را نشان می‌دهد. علامت* معناداری در سطح ۱۰ درصد، ** معناداری در سطح ۵ درصد و * معناداری در سطح ۱ درصد را نشان می دهنـد. عـدد بعـدی حاصل آزمون t استیودنت می باشد که منحنی‌های رویشی را با هم مقایسه می‌کند.**

گاهشناسی رویشگاه فریادرس

با استاندارسازی منحنی‌های رویشی توسط نرم افزار ARSTAN، اثرات غیـر اقلیمـی از سـری زمـانی حلقـه‌هـای رویشی حذف شدند. شکل ۲ گاهشناسی RES به همراه تعداد نمونه‌های استفاده شده در رویشگاه فریـادرس را نشـان می‌دهد. همانطور که مشاهده می‌شود در طول دوره گاهشناسی نوسانات زیادی در رویش سالیانه درختان این رویشـگاه وجود دارد.

طول گاهشناسی به دست آمده برای رویشگاه فریادرس ۳۰۵ سال (۲۰۱۰-۱۷۰۵) می باشد. حداقل سن درختان در این رویشگاه ۱۲۰ سال و میانگین سنی درختان ۱۷٦ سال می‌باشد. با محاسبه میزان EPS توسط نرم افزار مـذکور، سـال ۱۸٤۰ به عنوان آستانه EPS مشخص شد. به عبارت دیگر با توجه به تعداد و هم پوشـانی نمونـه‌هـای برداشـت شـده، گاهشناسی RES به دست آمده از سال ۲۰۱۰ تا سال ۱۸٤۰ دارای بالاترین اطمینان جهت بازسازی می باشد.



شکل ۲ گاهشناسی RES رویشگاه فریادرس. نمودار دوم نشان دهنده تعداد نمونه های مورد استفاده در گاهشناسی می باشد. فلش عمودی نیز آستانه ۸۵٪ EPS را برای سال ۱۸٤۰ نشان می دهد.

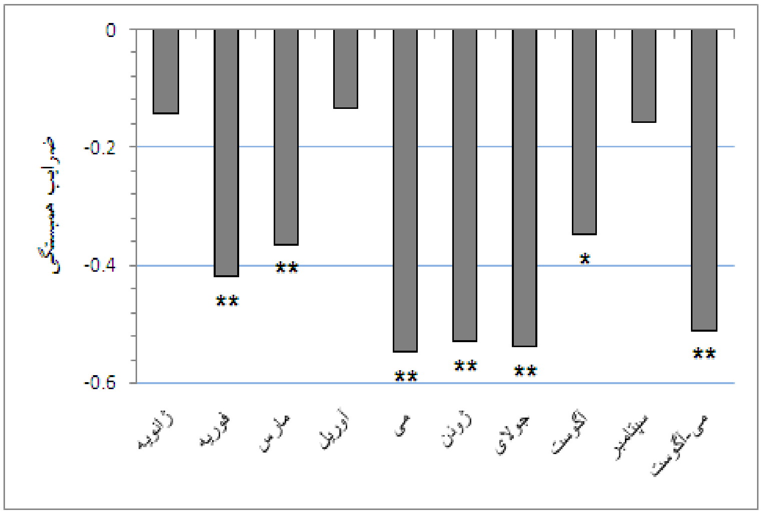
جدول ۲ ویژگی‌های گاهشناسی محاسبه شده برای رویشگاه فریادرس را نشان می‌دهد. محاسبه میزان حساسیت برای گاهشناسی درختان رویشگاه فریادرس نشان می‌دهد که پهنای هر حلقه سالیانه حدود ۰/۲۵ نسبت به حلقه‌های مجاور نوسان دارد. همچنین محاسبه نسبت سیگنال به اغتشاش در درختان این رویشگاه نشان می‌دهد که میزان تغییرات پهنای حلقه‌های سالیانه آن‌ها که تحت تاثیر اقلیم شکل می‌گیرند تقریبا مشابه می‌باشد و تغییرات ناشی از اختلافات درون درختی که باعث تغییر در پهنای حلقه‌های سالیانه می‌شود اندک می‌باشد. لازم به ذکر است که رویشگاه فریادرس دارای کمترین میزان اختلاف ارتفاع (کمتر از ۱۰۰ متر) و فاصله طولی (۳۵ کیلومتر) با ایستگاه هواشناسی کرمانشاه می‌باشد.

جدول ۲ ویژگی‌های گاهشناسی رویشگاه فریادرس

محل‌نمونه برداری	نوع درخت	تعداد درخت	تعداد نمونه	ارتفاع به متر	سال آغاز گاهشناسی	سال پایان گاهشناسی	طول گاهشناسی	میانگین حساسیت	سیگنال به اغتشاش
فریادرس	مازودار	۱۰	۱۹	۱۲۸۰	۱۷۰۵	۲۰۱۰	۳۰۵	۰/۲۵۰۵	۱۰/۲

واسنجی گاهشناسی با دمای حداکثر

شکل ۳ رابطه بین دمای حداکثر ماهانه با گاهشناسی به دست آمده از رویشگاه فریادرس را نشان می دهد. دمای حداکثر ماهانه هم در ماه‌های سال رویشی جاری (آوریل- سپتامبر) و هم در ماه‌های قبل از فصل رویش (ژانویه – مارس) در رویشگاه فریادرس بر روی رویش درختان دارای تاثیر معکوس می‌باشد. در ماه‌های فوریه و مارس قبل از رویش، دمای حداکثر در سطح ۰/۰۱ با گاهشناسی معنادار می‌باشد. دمای حداکثر ماه‌های می، ژوئن و جولای در سال رویشی جاری با گاهشناسی دارای همبستگی منفی معنادار در سطح ۰/۰۱ می‌باشد در حالی که در ماه آگوست دمای حداکثر درسطح ۰/۰۵ با گاهشناسی معنادار می‌باشد. همچنین پیوند معناداری در سطح ۰/۰۱ بین دمای حداکثر می–آگوست و گاهشناسی به دست آمده وجود دارد. رویش درختان منطقه معمولا در ماه آوریل شروع می شود. در این ماه درخت برای فعالیت های حیاتی خود نیاز به دما دارد بنابرین در این ماه از میزان تاثیر منفی دمای حداکثر بر روی رویش درختان کاسته شده است. همچنین در ماه سپتامبر که فصل رویش درختان به پایان می رسد دمای حداکثر تاثیر منفی کمتری را بر روی رویش درختان دارد. لازم به ذکر است که دمای حداکثر در ماه های فصل رویش بیشترین تاثیر منفی را بر روی رویش درختان این رویشگاه بر جای می‌گذارد. همانطور که مشاهده می شود مشاهده می‌شود میزان تاثیر دمای حداکثر ماهانه بر روی گاهشناسی در ماه های مختلف متفاوت می‌باشد.



شکل ۳ رابطه بین دمای حداکثر ماهانه و گاهشناسی رویشگاه فریادرس. علامت* معناداری در سطح ۰/۰۵ و علامت ** معناداری را در سطح ۰/۰۱ نشان می دهند.

جدول ۳ نتایج آماری مرحله واسنجی و اعتبار سنجی مدل را نشان می دهد. همانطور که مشاهده می شود در دو فاصله زمانی ۱۹۸۰-۱۹۵۱ و ۲۰۱۰- ۱۹۸۱ واسنجی گاهشناسی با دمای حداکثر واقعی در سطح ۰/۰۱ معنا دار می باشد. همچنین در دو فاصله زمانی مذکور اعتبارسنجی بین دمای حداکثر بازسازی شده و دمای حداکثر واقعی حکایت از معنا داری و صحت مدل بازسازی دارد. همچنین آماره های حاصل از Sign test نشان می دهد که بین دمای حداکثر بازسازی شده و دمای حداکثر واقعی در دوره آماری ۲۰۱۰-۱۹۵۱ تطابق بسیار مناسبی برقرار می باشد.

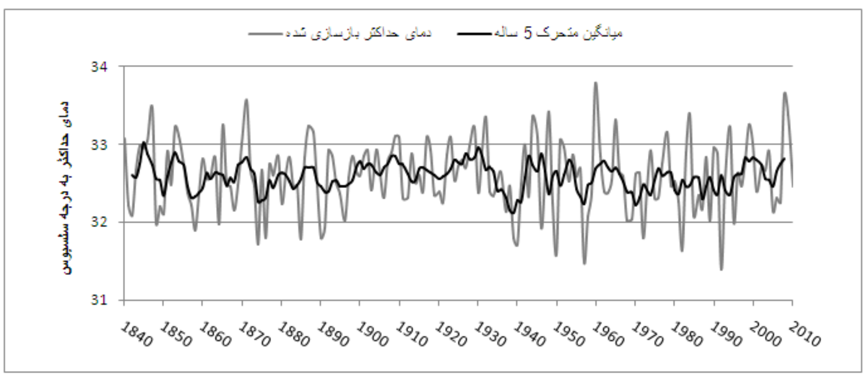
جدول۳ نتایج آماری اعتبارسنجی و واسنجی مدل

واسنجی	R	R^2	SE		DW
۱۹۸۰-۱۹۵۱	0.57**	0.37	0.95		1.96
۲۰۱۰-۱۹۸۱	0.54**	0.34	0.85		1.58
۲۰۱۰-۱۹۵۱	0.51**	0.32	0.82		2.05
اعتبار سنجی	R	R^2	RE	CE	Sign test
۲۰۱۰-۱۹۸۱	0.53**	0.32	0.40	0.38	24/6
۱۹۸۰-۱۹۵۱	0.58**	0.38	0.45	0.41	25/5

R: ضریب همبستگی پیرسون، SE: میزان خطای استاندارد، DW: ضریب دوربین واتسون، RE: کاهش خطا (هر مقدار مثبت از RE نشان دهنده درجه اطمینان بازسازی می باشد) ، CE: ضریب کـارایی، آمـاره Sign test تعداد اشتراک و اختلاف بین داده های باز سازی شده و واقعی را نشان مـی دهـد و علامـت ** نشـان دهنـده معناداری در سطح ۰/۰۱ می باشد.

بازسازی دمای حداکثر

بر اساس محاسبه میزان EPS، مطمئن‌ترین بخش از گاهشناسی بین دوره ۲۰۱۰ تا ۱۸٤۰ مشـخص شـد. بنـابراین جهت اطمینان بیشتر تنها برای این بخش از گاهشناسی بازسازی صورت گرفته است که شامل یک دوره ۱۷۰ ساله مـی باشد. شکل ٤ بازسازی دمای حداکثر می-آگوست استان کرمانشاه را طی دوره ۲۰۱۰-۱۸٤۰ نشان مـی دهـد. همـانطور که مشاهده می شود پائین ترین دماهای حداکثر بازسازی شده در سال های ۱۸٤۲، ۱۸٤۸، ۱۸۵۸، ۱۸٦٤، ۱۸۷٤، ۱۸۷٦، ۱۸۸۵، ۱۸۹۰، ۱۹٤۰، ۱۹۵۰، ۱۹۵۷، ۱۹۷۳، ۱۹۸۲ و ۱۹۹۲ رخ داده اسـت. بـالاترین دماهـای حـداکثر در طـول دوره بازسازی با حداقل یک درجه سلسیوس اختلاف نسبت به میـانگین، در سـال‌هـای ۱۸٤۷، ۱۸۷۱، ۱۹٤٤، ۱۹٤۸، ۱۹٦۰، ۱۹۸٤ و ۲۰۰۹ اتفاق افتاده است. در فاصله سال‌های ۱۹۳۱ تا ۱۹٤۰ دمای حداکثر منطقه به نحو محسوسی کاهش پیـدا کرده است.



شکل ٤ منحنی دمای حداکثر بازسازی شده استان کرمانشاه

بحث و نتیجه گیری

با توجه با بالا بودن مقادیر آماره‌های حاصل از آزمون علامت (GLK) و t استیودنت، مشخص می‌شود درختانی که در رویشگاه فریادرس برای نمونه برداری انتخاب شده‌اند دارای الگوی رویشی یکسان هستند و عوامل اقلیمی محـدود کننده رویش آنها مشابه می باشد. همچنین مقادیر میانگین حساسیت و S/N درختان در این رویشگاه نشان می‌دهـد کـه گونه درختی بلوط مازودار حساسیت پذیری بالایی دارد و نقش متغیرهای اقلیمی محـدود کننـده رویـش بسـیار قابـل

توجه است. امیرچخماقی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعه‌ای که بر روی گونه بلوط ایرانی در زاگرس انجام داد، به این نتیجه رسید که این گونه در برابر متغیرهای اقلیمی به خوبی واکنش نشان می‌دهد. دمای حداکثر در این رویشگاه تأثیر منفی بر روی رویش دارد. این اثر در هر دو دوره ماه‌های سال رویشی جاری و ماهای قبل از رویش دیده می شود. از آنجا که دمای حداکثر بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک باعث افزایش تبخیر و تعرق و درنتیجه کاهش آب در دسترس (آب موجود در خاک) و آب موجود در بافت‌های درخت می‌شود، این نوع رابطه طبیعی جلوه می کند. درخت در دوره رویشی برای جلوگیری از هدر رفتن شدید آب، وقتی دما از آستانه تحمل آن بالاتر رود با بستن روزنه برگ‌ها عمل فتوسنتز را متوقف می‌کند. بر اثر کاهش مواد قندی تولید شده، درخت حلقه‌های سالیانه باریکتری را تولید می‌کند. در ماه‌های قبل از رویش نیز درختان آب مورد نیاز خود را برای رویش سال بعد ذخیره می‌کنند. با افزایش دمای حداکثر در این ماه‌ها، بخشی از آب از دسترس درخت خارج می‌شود. بنابراین همانطور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، دمای حداکثر ماهانه در دو ماه قبل از فصل رویش (فوریه و مارس) و ماه‌های می، ژوئن و جولای سال رویشی جاری بالاترین تاثیر منفی را بر روی رویش دختان در این رویشگاه به جای می‌گذارد. نجفی (۱۳۸۹) نیز در پژوهشی که بر روی گونه مازودار در جوانرود انجام داد به این نتیجه رسید که دما در ماه‌های بهمن و اسفند قبل از رویش و ماه خرداد سال رویشی جاری رابطه منفی و معناداری با رویش درختان داشته است.

در سال‌های ۱۸٤۰، ۱۸۵۱،۱۸۷۱، ۱۸۸۷، ۱۸۹۳، ۱۹۰۹، ۲۸–۱۹۲۵ دمای حداکثر در منطقه مورد مطالعه افزایش یافته است در این سالها نیز کوسه و همکاران (۲۰۱۱) و آکمیک (۲۰۰۹) به این نتیجه رسیدند که در این سال‌ها نیز دمای حداکثر دارای افزایش بوده و خشکسالی‌های شدیدی در غرب آناتولی و کشورهای مجاور رخ داده است. در قرن بیستم در سال‌های ۲۹–۱۹۲۵، ۳۲–۱۹۳۱، ٤۵–۱۹٤٤ نشان دهنده افزایش شدید دمای حداکثر می‌باشد. لاک (۲۰۱۱) مشخص کرد که در این سال‌ها نیز خشکسالی‌ها و قحطی‌های شدیدی در خاورمیانه، آمریکای لاتین و استرالیا رخ داده است.

References

Akkemik, U., 2009. **Dendroclimatology in the Near East.** The International Symposium on Climate Change and Dendrochronology in Caspian Ecosystems, Sari.

Amir Chakhmaghi, N., Sohrabi, H., 2010. **Evaluation of Quercus Persica Tree Rings for Dendroclimatology.** The First Iranian Conference on Natural Resources Research, Snanadaj, Iran.

Arsalani, M., 2012. **Reconstruction of Precipitation and Temperature Variations Using Oak Tree Rings in Central Zagros.** M.A. Dissertation, University of Tehran, Faculty of Geography, Tehran, Iran.

Asakereh, H., 2007. **Climate change.** Zanjan University Press.

Azizi, GH., Arsalani, M., Yamani, M., 2012. **Reconstruction of October-May precipitation variations based on tree rings in Kermanshah city over the period 1705-2010.** Physical Geography Research Quarterly, No. 79, PP. 37-53.

Azizi, GH., Roshani, M., 2008. **Study of Climate Change in Southern Coastal of Caspian**

Sea Using Man- Kendal Method. Physical Geography Research Quarterly, No. 64, PP. 13-28.

Cook, E. R., 1985. **A time series analysis approach to tree-ring standardization.** Unpublished ph.D. Dissertation, University of Arizona, Tucson, AZ, USA, P. 171.

Fan, Ze-Xin., Brauning, A., Cao, Kun-Fang., 2008. **Annual temperature reconstruction in the central Hengduan Mountains, China, as deduced from tree rings.** Dendrochronologia, v. 26, p. 97-107.

Fan, Ze-Xin., Brauning, A., Tian, Qin-Hua., Yang, Bao., Cao, Kun-Fang,. 2010. **Tree ring recorded May–August temperature variations since A.D. 1585 in the Gaoligong Mountains, southeastern Tibetan Plateau.** PALAEO, v. 296, P. 94–102.

Flower, A., Esmith, D.J., 2011. **A dendroclimatic reconstruction of June–July means temperature in the northern Canadian Rocky Mountains.** Dendrochronologia, V. 29, and P. 55–63.

Frank, D., Esper, J., 2005. **Temperature reconstructions and comparisons with Instrumental data from a tree-ring network for the European Alps.** Int. J. Climatol, V. 25, P. 1437-1454.

Garcia- Suarez,M.A., Butler, C.J., Baillie, M.G.L., 2009. **Climate signal in tree-ring chronologies in a temperature climate: A multi – species approach.** Dendrochronologia, v. 27, p. 183-198.

Hai, F. Z., Xue, M, S., Zhi, Y, Y., Peng, X., Yan, X., Hua, T., 2011. **August temperature variability in the southeastern Tibetan Plateau since AD 1385 inferred from tree rings.** PALAEO, v. 5, p. 703.

IPCC-TGICA, 2007. **General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment.**Version 2, Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment, 66 pp.

Jacoby, G., Solomina, O., Frank, D., Eremenko, N., Arrigo, R. D., 2004. **Kunashir (Kuriles) Oak 400-year reconstruction of temperature and relation to the Pacific Decadal Oscillation.** PALAEO, v. 209, P. 303-311.

Kaennel, M., Schweingruber, F.H., 2001. **Multilingual Glossary of Dendrochronology.** Translated by: D. Parsapajouh, H. R. Taghiyari., M, Faezipour., Tehran University Press.

Karamzadeh, S., Pourbabai, H., Torkaman, J., 2010. **Dendroclimatology of Quercus Inferctoria in Saravan Region, Gilan.** Iranian Journal of Forest and Poplar Research, Vol. 19, No. 1, PP. 15-26.

Kose, N., Akkemik, U., Dalfes, H.N., Ozeren, M.M., 2011. **Tree-ring reconstructions of May–June precipitation for western Anatolia**. Quaternary Research -03177.

Lake, p. Sam., 2011. **Drought and Aquatic Ecosystems Effects and Responses**. WILY-BLACKWELL, 168p.

Liang, E., Xuemei, S., Ningsheng, Q., 2007. **Tree-ring based summer temperature reconstruction for the source region of the Yangtze River on the Tibetan plateau**. Global and Planetary Change, v. 16, p. 313-320.

Liu, J., Yang, B., Qin, C., 2011. **A Tree-ring based annual precipitation reconstruction since AD 1480 in south central Tibet.** Quaternary International 236, 75-81.

Loder, N., Danny, M., Mary, G., Iain, R., Risto, J., 2007. **Stable Isotopes as Indicators of Ecological Change.** Chapter three, Elsevier Inc.

Najafi, F., Pourtahmasi, K., Karimi, A., 2010. **Dendroclimatology Investigation of Quercus Infectoria in the West of Iran.** The First Iranian Conference on Natural Resources Research, Sanandaj, Iran.

Pourtahmasi, K., Bräuning, A., Poursartip, L., Burchardt, I., 2012. **Growth-climate responses of oak and juniper trees in different exposures of the Alborz Mountains, northern Iran.** TRACE Vol. 10, in the press

Vose, R. S., Easterling, D. R., and Gleason, B., 2005. **Maximum and minimum temperature trends for the globe: An update through 2004.** Geophys Res, V. 32. doi:10.1029/2005GL024379

Wigley, T., Briffa, K.R., Jones, P.D., 1984. **On the average value of correlated time series, with applications in dendroclimatology and hydrometeorology.** Journal of Applied Meteorology 23, 201-213.

Wilson, R. J. S., Luckman, B. H., 2002. **Tree-ring reconstruction of maximum and minimum temperatures and the diurnal temperature rang in British Columbia, Canada.** Dendronologia, v. 20/3, P. 1-12.

Youngblut, D., Luckman, B., 2008. **Maximum June-July temperature in the southwest Yukon over the last 300 years reconstructed from tree rings.** Dendrochronologia, v. 25, p. 153-166.